

VR技術を用いた航空機騒音評価システムの構築

中央大学	学生員	山本 恭平
中央大学大学院	学生員	吉町 徹
中央大学大学院	学生員	石田 安理
中央大学	正会員	檜山 和男
建設環境研究所	正会員	志村 正幸

1. はじめに

飛行場の新設・拡張の計画・建設において、航空機騒音の環境アセスメントは重要であり、その評価に数値シミュレーションは有効に用いられている。著者らは、道路交通騒音を対象としてVR技術を用いた道路交通騒音評価システムの構築を行ってきた¹⁾。このシステムは、計算された音圧レベルをCGによる可視化映像とともに、実際の音源データを用いて可視化を行うものである。可聴化を行う利点は、得られた結果を理解する際に取り扱う現象のエキスパートでなくても現象を理解しやすいということや実際の現象を疑似的に体験・体感することができるということがある。

本論文では、既往の道路交通騒音評価システムをベースにして、VR技術を用いた航空機騒音評価システムの構築を行った。そして、東京国際空港を対象とした適用例を用いて得られた計算結果の騒音レベルとVR空間において可聴化した騒音レベルとの比較を行った。

2. 航空機騒音評価システム

(1) VR環境

本研究で用いる没入型VR装置Holostageは、前面と側面及び床面の3面の大型スクリーンとそれぞれに対応した高性能プロジェクター、またVR空間内の装置の利用者の動きを捉えるためのワイヤレストラッキング装置及びそれらを制御する並列計算機から構成されている。

(2) システム概要

本システムは、航空機騒音を正確かつ直感的に理解・把握することを目的としており、騒音の可聴化機能を有する。可聴化機能とは、航空機や空港などの周辺環境を立体CGで再現するとともに騒音伝播計算結果を航空機の飛行音を用いて可聴化し、聴覚情報として利用者に提示する機能である。図-1に本システムの処理工程を示す。

(3) 騒音レベル評価式

航空機騒音の予測にはWECPNL(荷重等価継続感覚騒音レベル)や L_{den} (時間帯補正等価騒音レベル)などの評価量が用いられてきた。しかしこれらの予測式は、航空機の最大騒音レベルの平均を元に評価値を算出するものや、時間帯別に重み付けをした等価騒音レベルを求めるものであるために、本システムで必要とする非定常の音圧レベルの算出には適さない。

そこで本研究では、騒音レベルの時間的変化がリアルタイムで算出できるように、幾何音響理論に基づく計算式を使用した。本システムは航空機の滑走から離陸後までという地表面近くでの評価を対象としているため、すべての方向に音が均等に放射される点音源となる位置に達しておらず、地面からの音の跳ね返りの影響が出てしまうために、以下のような半球状に音が放射される点音源の式を用いている。

$$SPL_0 = L_{wa} - 20\log_{10}SD - 8 \quad (1)$$

ここで、 L_{wa} は機体の音響パワーレベル、 SD はスラントディスタンス(観測者と飛行機との距離[m])を示している。機体の音響パワーレベルは機体ごとに異なるため、用いる航空機の種類によって変更する必要がある。

(4) 室内騒音レベル評価式

屋内における騒音レベル(SPL)は屋外騒音レベル(SPL_0)に補正項を加えた以下の式により算出している²⁾。

$$SPL = SPL_0 - TL - 10\log_{10}A + 10\log_{10}S_w + 3 \quad (2)$$

ここで、 TL は透過損失、 A は全吸音力、 S_w は透過する窓の面積を示している。

透過損失は窓の透過損失の値³⁾を用いる。その値の決定の際には特定の周波数帯域の透過損失を用いるのではなく、すべての周波数帯域の透過損失の平均値を用いている。全吸音力については建物モデルの表面積に使われている材料毎の吸音率を乗じて求めている。また、透過する窓の面積は観測者の正面のみ音が透過すると仮定しているために正面に窓がある場合のみ考慮することとなる。

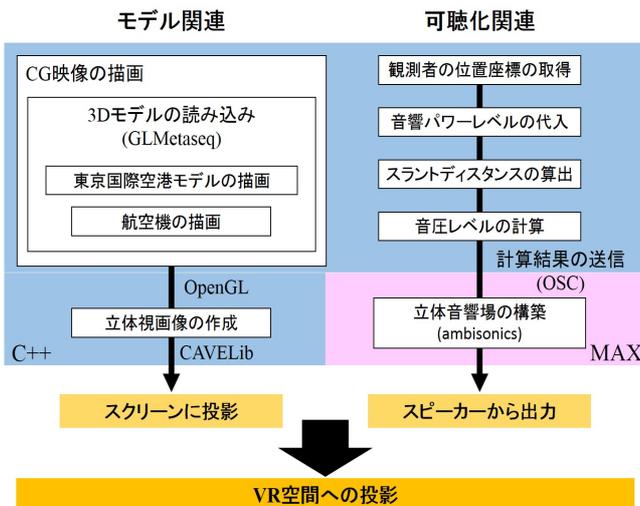


図-1 処理工程

KeyWords: バーチャルリアリティ, 幾何音響理論, 航空機騒音, 室内騒音予測

連絡先: 〒112-8551 東京都文京区春日 1-13-27

3. VR 装置での可聴化

本研究では、東京国際空港周辺をモデル化して航空機騒音シミュレーションを行った。図-2に作成したモデルを示す。モデルの作成は国土地理院より地形データと構造物データを取得し行った。その他に取得した構造物データに含まれていなかった第一・第二・国際線ターミナルとD滑走路のモデルを3DCGモデリングソフトを用い作成を行った。作成したモデルを使い、求めた計算結果の騒音レベルをVR装置を用いて可聴化を行う。可聴化にあたり計算条件として、航空機の音響パワーレベルをBoeing737-800の141[dB]⁴⁾とし、窓ガラスについては、一重窓(面積:3.294m²,厚さ:3mm,透過損失:25dB)と二重窓(面積:3.294m²,厚さ:3mm・6mmのガラスの間に50mmの空気の層の計59mm,透過損失:33dB)の二種類とした。屋内騒音レベル評価のための建物モデルは、奥行3.6m,横3.6m,高さ3mの建物としている。また航空機の離陸に使う滑走路はB滑走路を使用し、航空機は東から西へと離陸すると仮定した。

図-3に、シミュレーション条件と観測者の位置を示す。測定はVR装置内の床面スクリーンの中心点から高さ1.5mの位置に騒音計を設置して行った。図-4は、VR空間内におけるシステム利用の様子を示す。計算結果の騒音レベルとVR装置を用いて可聴化した騒音レベルとの比較を図-5に示す。各条件において計算結果と測定値は良い一致を示している。なお二重窓の測定値のグラフの右端のみが計算結果より大きな値となっているのは、測定環境の暗騒音の影響である。



図-4 システム利用の様子(建物内、一重窓)



図-2 モデル化した東京国際空港周辺

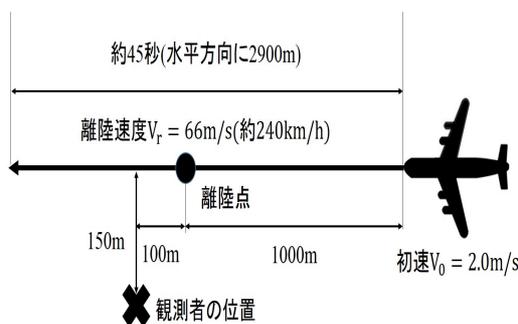


図-3 シミュレーション条件と観測者の位置

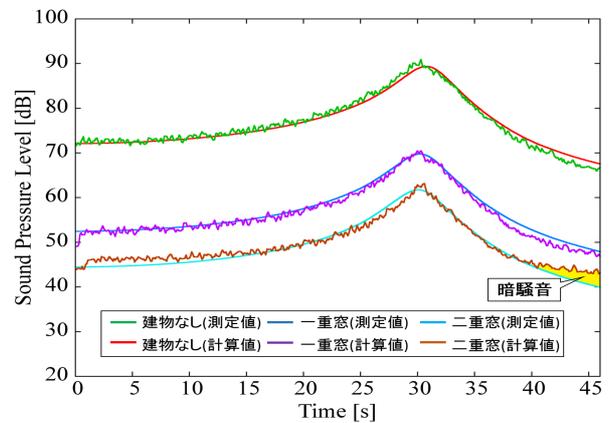


図-5 計算結果とVR投影時の騒音レベルの比較

4. おわりに

本論文では、既往の道路交通騒音評価システムベースにして、VR技術を用いた航空機騒音評価システムの構築を行った。そして、東京国際空港を対象とした適用例を用いて得られた計算結果の騒音レベルとVR空間において可聴化した騒音レベルとの比較を行った。今後は計算値と実測値の比較検討及び実測値に基づく本システムの高精度化、さらには、室内騒音レベルの定量的な評価が可能となるシステムの構築を目指す。

参考文献

- 1) 田近伸二, 櫻山和男, 志村正幸: VR技術を用いた対話型道路交通騒音評価システムの構築, 応用力学論文集, 土木学会, Vol.13, pp.231-239, 2010
- 2) 実務的騒音対策指針(第2版), 技報堂出版, 日本建築学会, 1994
- 3) 木村翔: 建築音響と騒音防止計画, 影国社, 1994
- 4) 石田安理, 吉町徹, 櫻山和男, 志村正幸, 坂崎友美: VR技術を用いた幾何音響理論に基づく航空機騒音予測システムの構築, 土木情報シンポジウム講演集, 土木学会, Vol.40, pp.243-246, 2015.